



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Çok ürünli çok depolu araç rotalama problemi: askeri ilaç fabrikası örneği

Multi-product, multi-depot vehicle routing problem: the example of military pharmaceutical factory

Yazar (Author): Hakan Ayhan DAĞISTANLI¹

ORCID¹: 0000-0003-2205-183X

To cite to this article: Dağıştanlı H.A., “Çok ürünli çok depolu araç rotalama problemi: askeri ilaç fabrikası örneği”, *Journal of Polytechnic*, 27(3): 1017-1027, (2024).

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz: Dağıştanlı H.A., “Çok ürünli çok depolu araç rotalama problemi: askeri ilaç fabrikası örneği”, *Politeknik Dergisi*, 27(3): 1017-1027, (2024).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.1224140

Çok Ürünlü Çok Depolu Araç Rotalama Problemi: Askeri İlaç Fabrikası Örneği

Multi-Product, Multi-Depot Vehicle Routing Problem: The Example of Military Pharmaceutical Factory

Önemli noktalar (Highlights)

Askeri sağlık lojistiği birliklerin taleplerinin karşılanması ve her türlü olumsuz koşula hazır olması açısından stratejik bir konudur. Bu çalışmada askeri fabrikalara ait depolardan hudut birliklerinin taleplerini karşılamak üzere gerçekleştirilecek dağıtımda uygun rotaların oluşturulması için matematiksel bir model geliştirilmiştir. / Military health logistics is a strategic issue in terms of meeting the demands of the troops and being ready for all kinds of adverse conditions. In this study, a mathematical model has been developed to create suitable routes in the distribution to meet the demands of the border troops from the warehouses of military factories.

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Problem iki aşamalı olarak ele alınmıştır. I. Aşamada 14 birliğin sağlık ürünü talepleri karşılanmıştır, II. Aşamada ise genişletilen talep sebebiyle 30 birliğin taleplerini karşılamak üzere mesafeler hesaplanmıştır. / The problem was addressed in two stages. In Phase I, health products were distributed to 14 military troops. In Phase II, due to the expanding demands, distances were calculated to serve 30 military troops.

Aşamalar	I. Aşama					II. Aşama				
Depoda Bulunan Araç Filosu	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Mesafe	X	9929	9571	9681	9742	X	X	X	17182	19534

Şekil. Araç Sayısı ile Amaç Fonksiyonu Değerindeki Değişimin İncelenmesi / Figure.

Examining the Change in the Value of the Objective Function with the Number of Vehicles

Amaç (Aim)

Bu çalışmada askeri fabrikada üretilen ürünlerin hudut birliklerinin talepleri doğrultusunda minimum mesafeli rotalar ile taşınmasının sağlanması amacıyla bir matematiksel model önerisinde bulunulmuştur. / In this study, a mathematical model has been proposed in order to ensure that the products produced in the military factory are transported with minimum distance routes to meet the demands of the border troops.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Hudut birliklerinin sağlık ürünlerine olan talebi için, askeri fabrikalardan birliklere dağıtımını sağlayacak çok ürünlü ve çok depolu bir matematiksel model önerisinde bulunulmuştur. / For the health products demand of the border troops, a multi-product, multi-depot mathematical model has been proposed to distribute from military factories to the troops.

Özgünlük (Originality)

Yapılan literatür taraması sonucunda, sağlık lojistiği kapsamında askeri fabrikalara ait dağıtım probleminin incelenmediği tespit edilmiştir. / As a result of the literature review, it was determined that the distribution problem of military factories was not examined within the scope of health logistics.

Bulgular (Findings)

Geliştirilen model ile hudut güvenliğini sağlamada görev yapan birliklerin ecza ürünü taleplerini karşılamak için ihtiyaç duyulan dağıtım problemi için çözülmüştür. / With the developed model, the distribution problem needed to meet the pharmaceutical product demands of the troops working in border security has been solved.

Sonuç (Conclusion)

Farklı araç sayıları denenerek çözülen problemde, I. Aşama için 4 araç, II. Aşamada ise 7 araçla dağıtım yapıldığında minimum maliyetli taşıma yapıldığı tespit edilmiştir. Bu durum için depolarda 3 ve 4 araçlık filolar bulunması yeterlidir. / In the problem, which was solved by using different number of vehicles, it was determined that the minimum cost of transportation was carried out when the distribution was made with 4 vehicles for Phase I and 7 vehicles for Phase II. For this case, it is sufficient to have fleets of 3 and 4 vehicles in the warehouses.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Çok Ürünlü Çok Depolu Araç Rotalama Problemi: Askeri İlaç Fabrikası Örneği

(Bu çalışma YAEM 2022 konferansında sunulmuştur. / This study was presented at YAEM 2022 conference.)

Araştırma Makalesi / Research Article

Hakan DAĞISTANLI

Milli Savunma Üniversitesi, Kara Harp Okulu, Endüstri ve Sistem Mühendisliği Bölümü, Yöneylem Araştırması
Anabilim Dalı, Türkiye

(Geliş/Received : 26.12.2022 ; Kabul/Accepted : 12.01.2023 ; Erken Görünüm/Early View : 10.03.2023)

ÖZ

Araç Rotalama Problemleri, bir depodan çıkan ve aynı depoya geri dönen minimum maliyetli araç rotalarını takip ederek talepleri bilinen bir dizi müşteriye mal teslim etmeyi amaçlamaktadır. Ancak problemin kapsamı, gerçek hayatın talepleri nedeniyle farklılaşmış ve genişlemiştir. Bu durumlardan bir tanesi müşteri taleplerinin yalnızca bir ürün tipi ile sınırlı kalmaması ve tek deponun müşteri taleplerini karşılamaya yetersiz kalmasıdır. Son yıllarda yaşanan hudut operasyonları birliklerden sağlanan personel takviyesi ile gerçekleşmektedir. Bu çalışmada askeri sağlık lojistiği kapsamında ecza ürünlerinin olası salgın, hastalıklar vb. sebeplere karşı hazırda bulunması problemi ele alınmıştır. Öncelikle hudut güvenliğini sağlamada görev yapan birliklerin yoğun talep noktaları belirlenmiştir. Daha sonra Askeri İlaç Fabrikası'nda üretilen 6 farklı ürün grubunun fabrikanın 2 deposu yardımıyla birliklere sevkiyatını gerçekleştirecek çok ürünlü çok depolu araç rotalama problemi modeli geliştirilmiştir. Sonuç olarak birlik taleplerini karşılamak için, mevcut araç filosu ve depo merkezlerini kullanarak oluşan rotalar ve kat edilen mesafeler ortaya konmuştur. Daha sonra problem boyutu genişletilerek mevcut fabrika ve araç filosuna ait yeni sonuçlar elde edilmiştir. Her iki durum için kullanılan araç filosu değişimlerinde elde edilen mesafelere dair duyarlılık analizi çalışması yapılmıştır. Askeri sağlık lojistiği, hudut bölgelerinin her türlü olumsuz koşula hazır bulundurulması gerekliliği sebebiyle stratejik bir konudur. Ülkemizin jeopolitik konumu sebebiyle yapılan çalışma ilerleyen yıllarda geliştirilerek tüm Türkiye'ye verilen hizmeti çeşitli ihtiyaçlara karşı hazır ve etkin kılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Dağıtım ağı, ilaç dağıtımı, sağlık lojistiği, çok ürünlü araç rotalama problemi, çok depolu araç rotalama problemi.

Multi-Product, Multi-Depot Vehicle Routing Problem: The Example of Military Pharmaceutical Factory

ABSTRACT

Vehicle Routing Problems aim to deliver goods to a set of customers with known demands by following minimum cost vehicle routes from one warehouse to the same warehouse. However, the scope of the problem has been differentiated and expanded due to the demands of real life. One of these situations is that customer demands are not limited to only one product type and a single warehouse is insufficient to meet customer demands. The border operations in recent years are carried out with the personnel reinforcement provided by the troops. In this study, the problem of the availability of pharmaceutical products against possible epidemic and diseases within the scope of military health logistics is discussed. Initially, the intense demand points of the troops working to ensure border security were determined. Then, a multi-product, multi-depot vehicle routing problem model was developed, which will transport 6 different product groups produced in the Military Pharmaceutical Factory to the troops with the help of the factory's 2 warehouses. As a result, the routes and distances covered using the existing vehicle fleet and warehouse centers have been revealed to meet the demands of the troops. Then, new results of the existing factory and vehicle fleet were obtained by expanding the problem size. The sensitivity analysis study was implemented for the distances obtained in the vehicle fleet changes used for both cases. Military health logistics is a strategic issue due to the necessity of keeping border areas ready for all kinds of adverse conditions. Due to the geopolitical position of our country, the study will be developed in the following years and will make the service provided to all of Turkey ready and effective for various needs.

Keywords: Distribution network, pharmaceutical distribution, healthcare logistics, multi product vehicle routing problem, multi depot vehicle routing problem.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Lojistik kavramı, çok eski zamanlardan bu yana askerlik sanatı ile birlikte ele alınmıştır. Askeri harekatlarda ordunun ihtiyaçları doğrultusunda yiyecek, giyecek, barınma, silah, mühimmat ve sağlık gereksinimleri için lojistik planlamaları yapılmaktadır. Bir ulusun bu planlamaları gerektiğinde uygulayabilmesi doğrudan

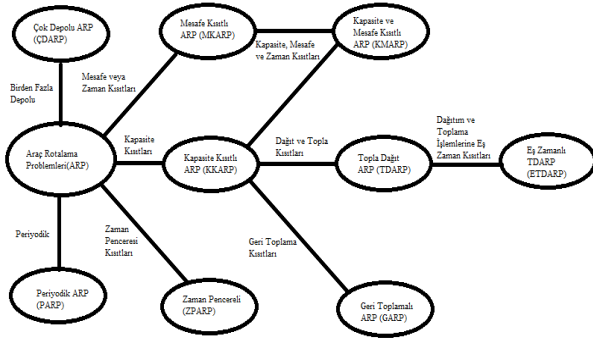
askeri gücüyle ilgilidir. Askeri lojistik, başarılı şekilde uygulandığı takdirde bir ülkeye stratejik esneklik ve belirleyici bir avantaj sağlama potansiyeline sahiptir. Askeri kuvvetler bünyesinde yapılan üretim ve ürünlere ait tedarik, askeri lojistiğin temelini oluşturur. Yerli ve milli üretim, bir ülkenin ne kadar çabuk harekete geçebileceğini ve bir çatışmaya ne kadar dayanabileceğini doğrudan etkiler. Bu açıdan

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : rdagistanli@kho.msu.edu.tr

bakıldığında her ne kadar silah, mühimmat gibi hareketin yıkıcı unsurları akla gelse de sağlık lojistiği gibi daha geri planda gözükken ve fiziksel dağıtım içeren hizmetler göz ardı edilmemelidir.

Fiziksel dağıtım, ürünlerin üretim tesislerinden veya dağıtım merkezlerinden ulaşım ağı aracılığıyla tüketicilere akışını içeren lojistik sistemlerdeki kilit işlevlerden biridir [1]. Araç Rotalama Problemi (ARP) bu noktadan hareketle ortaya çıkmış yüksek maliyet kalemlerinin minimize edildiği bir problem tipidir. ARP'de araç filosu yardımıyla arz noktalarının karşılayabildiği miktarda ürünün müşteri talepleri doğrultusunda dağıtımını gerçekleştirilir. ARP'de mesafe, süre, araç sayısı veya yakıt tüketimi ile karbon emisyonunun düşürülmesi gibi minimizasyon karakterli problemler için en uygun rotaların oluşturulması amaçlanmaktadır [2].

ARP matematiksel modeli ilk kez Dantzig ve Ramser [3] tarafından 1959 yılında geliştirilmiş daha sonra ise Clarke ve Wright'ın [4] 1964'te geliştirdiği tasarruf algoritması ile popüler hale gelmiştir. Gerçek hayat problemlerinin ihtiyaçları doğrultusunda ilk geliştirilen modele eklenen kısıtlar ile problem alanı genişlemiş ve NP-Zor sınıfında yerini almıştır [5]. Literatür incelendiğinde ARP'ye ait çok farklı alanlarda uygulamalardan bahsetmek mümkündür. Tek veya birden fazla depodan müşteriye ürün gönderimi, atık toplama, okul servisi, uçak/İHA rotalama problemleri en çok ele alınan alanlar olarak dikkat çekmektedir [6]. Bu uygulama alanları ve gerçek hayat problemlerine dair diğer uygulamalar ARP'nin farklı varyasyonlarının ortaya çıkmasını sağlamıştır. Farklı kısıtlar altında ortaya çıkan temel varyasyonlar Şekil 1'de özetlenmiştir [7].



Şekil 1. ARP'nin başlıca varyasyonları (Major variations of VRP)

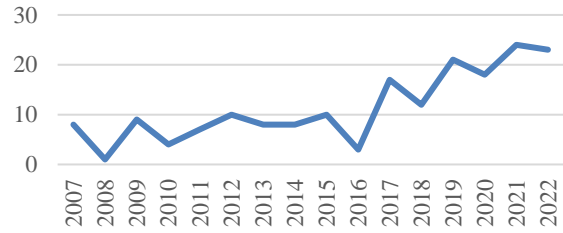
ARP, başlıca varyasyonlar olarak belirtilen bu problem başlıklarının dışında ortaya çıkan ihtiyaçlar ışığında daima güncel kalan bir çalışma alanıdır. Modellerde yapılan her revizyon yeni bir sınıfı meydana getirmektedir. Yeni sınıfa ait gerçek hayat problemlerine ait uygulamalar ise alana zenginlik kazandırmaktadır.

Gerçek problemlerde ele alınan en temel başlıklardan bir tanesi çok depolu ARP (ÇD_ARP) sınıfıdır. Müşteri taleplerini karşılayabilmek için tek depo ile çalışmanın yetersiz kaldığı veya yüksek maliyetlere neden olduğu

durumlarda başvuru matematiksel modelleri içermektedir. Benzer şekilde uygulamalarda müşteri taleplerinde karşılaşılan tek bir ürün değil birden fazla ürüne ait taleplerden kaynaklı olarak çok ürünlü ARP (ÇÜ_ARP) sınıfı da ele alınmaktadır. Çalışmada her iki reel problemi birleştiren Çok Ürünlü Çok Depolu ARP (ÇÜ_ÇD_ARP) 'nin askeri sağlık lojistiğine ait bir stratejik bir örneği ele alınmıştır.

Sağlık hizmetlerinde lojistik konulu çalışmalarda ilaç üretim ve dağıtım ağının tesis edilmesi, ilaç depolama, sağlık merkezleri veya diğer noktalar arasında lojistik problemleri öne çıkmaktadır [8]. Sağlık lojistiğinde doğrudan rotalamaya yönelik problemlerde ise tıbbi atık, evde sağlık hizmetleri, tıbbi malzeme dağıtım (ilaç, aşı vb.) başlıklarından ana ARP çalışmaları olarak bahsetmek mümkündür [9].

Literatür incelendiğinde, sağlık sistemlerinde lojistik problemlerini de içeren araştırmalar yapıldığı görülmektedir. Sağlık lojistiği uygulamalarında 2007-2022 yılları arasındaki çalışmalarda gözlenen trend Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'den hareketle her geçen yıl literatüre katkılarının yapıldığı ve alanın daha popüler hale geldiği söylenebilir.



Şekil 2. 2007-2022 Sağlık sistemlerinde lojistik çalışmaları trendi (Logistics studies trend in health systems for 2007-2022)

Rais ve Viyana [10] tarafından sağlık alanındaki yöneylem araştırması uygulamalarına ait literatür taramasında sağlık sistemleri yönetimi ve lojistik başlığı yer almaktadır. Beliën ve Forcé [11] ise kan ürünlerine ait literatür taramasında tedarik zinciri yönetimi başlığı altında inceleme yapmışlardır. Volland vd. [12] hastanelerde lojistik yönetimi üzerine çalışmalara ait literatürü mercek altına almışlardır. Batur ve Erol [8] sağlık sistemleri yönetiminde yöneylem araştırmaları tekniklerine ait 2007-2017 yılları arasında yapılan çalışmalarda lojistik başlığında problemleri ve çözüm yöntemlerini incelemişlerdir. Literatür araştırmalarında mevcut örneklere ek olarak sağlık lojistiğine ait uygulamalar incelenmiş ve özeti Çizelge 1'de sunulmuştur.

Problemin kurgusunda yer alan ÇD_ARP ve ÇÜ_ARP'ye ait çalışmalar incelendiğinde ise farklı sektörlerde örneklerin incelendiği görülmektedir. İlgili literatüre ait çalışmalara Çizelge 2'de yer verilmiştir.

Çizelge 1. Sağlık lojistiği literatür özeti (*Literature summary for health logistics*)

Yazar ve Yayın Yılı	Problem	Çözüm Yöntemi	Yazar ve Yayın Yılı	Problem	Çözüm Yöntemi
[13] Mousazadeh ve diğ. (2017)	Hastane Servisleri Ağ Tasarımı	Bi-Objective Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama	[20] Madelin ve Lahrichi (2021)	Lojistik Dağıtım Ağı Tasarımı	Simülasyon
[14] Hamdan ve Diabat (2018)	Kan Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı	2 Aşamalı Stokastik Programlama	[21] Yiğit ve diğ.(2021)	Kan Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı	Bulanık Karma Tamsayılı Programlama
[15] Fathian ve diğ. (2018)	Kan Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı	Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama, Elastic Bounded Objective Method	[22] Desticioğlu ve diğ. (2021)	Aşı Dağıtımı	Tamsayılı Programlama
[16] Mokrini ve diğ.(2018)	İlaç Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı	Ahp	[23] Desticioğlu ve Özyörük(2022)	Aşı Dağıtımı	Tamsayılı Programlama
[17] Halim ve diğ. (2019)	Sürdürülebilir İlaç Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı	Ahp, Pareto	[24] Wu ve diğ.(2022)	İlaç Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı	Nash Equilibrium
[18] Castro ve diğ.(2020)	Gezici Eczane Lojistik Ağı Tasarımı	Lean Thinking, Kanban	[25] Diaz ve diğ.(2022)	İlaç Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı	Simülasyon
[19] Araujo ve diğ.(2020)	Kan Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı	2 Aşamalı Tamsayılı Programlama			

Çizelge 2. ÇD_ ARP ve ÇÜ_ ARP literatür örnekleri (*Literature examples for MD_VRP and MP_VRP*)

Yazar ve Yayın Yılı	Problem	Çözüm Yöntemi	Yazar ve Yayın Yılı	Problem	Çözüm Yöntemi
[26] Zhang ve Chen (2014)	Çok Ürünlü Dondurulmuş Gıda Teslimatı	Matematiksel Model ve GA	[33] Wang ve diğ.(2020)	Lojistik Tasarımı	Ağ Çok Amaçlı Optimizasyon ve NSGA II
[27] Qui ve diğ. (2018)	Üretim Sektörü	Karma Tamsayılı Matematiksel Model	[34] Jiang ve diğ. (2020)	Tarımsal Ürün Tedariği Hastahklar COVID19	Matematiksel Model
[28] Alinaghian ve Shokouhi (2018)	Teorik	Matematiksel Model ve Çok Büyük Problemler için 2 Sezgisel Algoritma	[35] Sadati ve diğ.(2021)	Teorik	Sezgisel
[29] Li ve diğ. (2018)	Yakıt tüketimi ile depo fayda analizi	Karma Tamsayılı Matematiksel Model	[36] Yurdakul ve diğ.(2021)	Evde Sağlık Hizmetleri	Tam Sayılı Doğrusal Programlama
[30] Alakaş ve diğ.(2018)	Sıfır Atık Projesi Atık Toplama	Matematiksel Model	[37] Boyacı ve Gencer(2021)	Tehlikeli Madde Taşımacılığı	Çok Modlu Çok-Ürünlü İki-Amaçlı Matematiksel Model
[31] Zhang ve diğ.(2019)	Tekstil Sektörü	Matematiksel Model ve Meta Sezgisel	[2] Taşdemir ve Dağıstanlı (2022)	Beyaz Eşya Taşımacılığı	Tam Sayılı Doğrusal Programlama
[32] Kramer ve diğ.(2019)	İlaç Dağıtım Uygulaması	Matematiksel Model ve Sezgisel			

Çalışmanın ikinci bölümünde problemin tanımlanması, güncel durumda talep noktalarının belirlenmesi, önerilen matematiksel modele ait ayrıntılara yer verilmiştir. Mevcut araç filosuna ait değişimler ile oluşan minimum mesafeli rotalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde Türkiye'nin jeopolitik konumu sebebiyle hudut sınırları göz önüne alınarak talep noktaları genişletilmiştir. Yeni durum için araç filosunun etkinliği ve rotalar yeniden incelenmiştir. Dördüncü bölümde elde edilen sonuçlara ait yorumlar ve ileriye yönelik çalışma önerilerine yer verilmiştir.

2. PROBLEM TANIMI VE ÖNERİLEN MATEMATİKSEL METOTLAR (PROBLEM DEFINITION AND PROPOSED MATHEMATICAL METHODS)

2.1. Problem Tanımı

Çalışmada ele alınan problemde, ülkenin sınır güvenliği için görev yapan hudut birliklerinde yaşanan personel yoğunluğu sebebiyle alınacak önlemler için ecza ürünlerinin sevkiyat planlamaları yapılmaktadır. Birlik taleplerinin tek depodan karşılanamaması sebebiyle, Şekil 3'teki gibi çok depolu rotalama üzerine durulmuştur.



Şekil 3. Çok depolu rotalama genel gösterimi (*Multi-depot routing overview*)

Şekil 3, ÇD_ ARP'nin genel bir gösterimi niteliğindedir. Askeri birliklerde kullanılan ecza ürünleri Ankara'da bulunan fabrikada üretilmekte ve şekildeki merkez depolar gösterimi ile temsil edilen 2 farklı lokasyondaki depolardan birliklere dağıtılmaktadır. Türkiye askeri olarak 5 bölgeye ayrılmaktadır. Her depoda bu 5 bölgede yer alan birliklere hizmet etmesi amacıyla 5'er araçlık homojen filo bulunmaktadır. Araçların oklarla yönlendirildiği talep noktaları ise askeri birlikleri temsil etmektedir.

Fabrikanın üretim portföyü aşağıda verilen 5 bölümden oluşmaktadır;

Tablet, Kapsül Üretim ve Blister Bölümü,

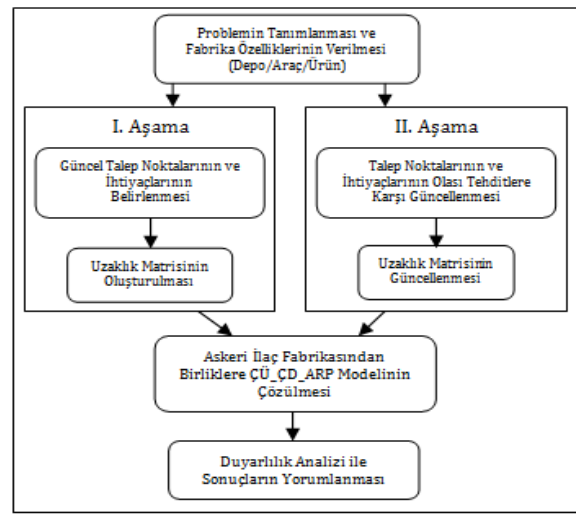
Ampul Üretim Bölümü,

Sargı ve Pansuman Malzemeleri Üretim Bölümü,

Pomat ve Toz Üretim Bölümü,

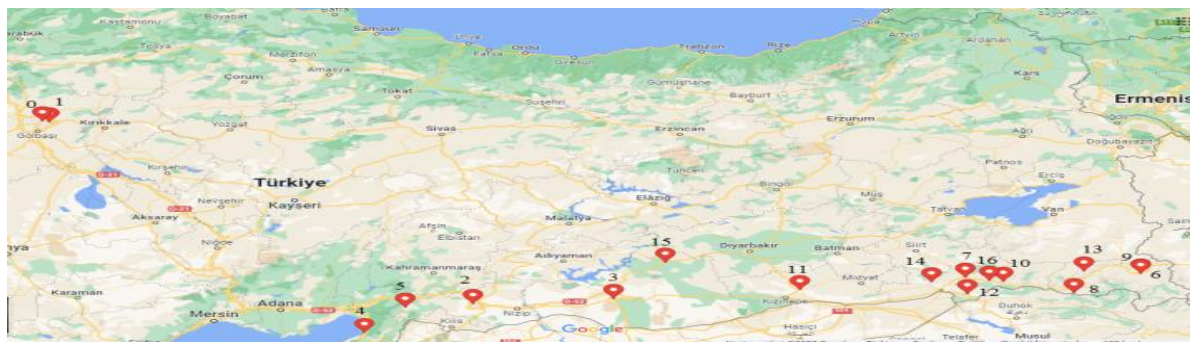
Solüsyon Üretim Bölümü.

Çalışmada bu üretim bölümlerinde üretilen ve sağlık yönetmeliği gereği ecza deposunda bulunma şartı bulunan 5 ürün temsilen belirlenmiştir [38]. Bölümlerden; Antibiyotik (Tablet), Tentürdiyot (Solüsyon), Pomat (Pomat ve Toz), Enjeksiyon (Ampul), Pamuk (Sargı Ürünleri) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından pandemi olarak tanımlanan COVID-19 salgın hastalığında en çok ihtiyaç duyulan Dezenfektan (Solüsyon) olarak toplamda 6 ürün seçilmiştir [39,40]. Bu doğrultuda çalışmanın akışı Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Askeri fabrikadan birliklere ecza ürünü dağıtımı ÇÜ_ÇD_ ARP için akış diyagramı (Pharmaceutical product distribution from military factory to troops flow diagram for MP_MD_VRP)

Şekil 4'te I. Aşama'da belirtilen güncel talep noktalarının ve ihtiyaçlarının belirlenmesi için son dönem hudut operasyonlarında görev yapan birlikler dikkate alınmıştır. Talep noktalarını oluşturacak birlikler için en küçük seviye alay olarak belirlenmiştir. Diğer bir deyişle alay/tugay ve tümen seviyesinde birliklere ürün gönderimi gerçekleştirilecektir. Son dönemde yürütülen



Şekil 5. Güncel talep noktalarının haritada gösterimi (*Presentation of current demand points on the map*)

operasyonlara bakıldığında Hatay'dan başlayarak Hakkari'ye kadar uzanan bölgede 1000 kilometrelik alanda güneydoğuda bulunan 14 birlik talep noktası olarak belirlenmiştir. Birliklerin bulunduğu yerlere ait jenerik gösterim Şekil 5'te verilmiştir.

Şekil 5'te 0 ve 1 ile gösterilen noktalar Askeri İlaç Fabrikası'nın merkez depolarını göstermektedir. 14 talep noktasının ilave edilmesiyle haritada toplam 16 konum işaretlenmiştir.

2.1.1. Çok ürünli çok depolu araç rotalama problemi için önerilen matematiksel model

Her ne kadar ARP modeli 1959 yılında geliştirilmiş olsa dahi ÇÜ_ARP literatüre 30 yıl aradan sonra 1995 yılında kazandırılmıştır [41]. Bu çalışmada literatürdeki ilk çok ürünli modelden esinlenerek gerçek hayatın ihtiyaçlarının birden fazla üründen oluşabileceği ve bu ihtiyaçların örneğimizde olduğu gibi tek depodan karşılamanın yetersiz kalacağı problemlerde kullanılabilirliği değerlendirilerek incelenmiştir.

Araç rotalarının hazırlanmasında bazı varsayımlar yapılmıştır. Bu varsayımlar aşağıda sıralanmıştır;

Birliklere hizmet veren her bir araç rotasına bir depodan başlar ve rota sonunda aynı depoya geri döner.

Rota süresince her bir birliğe tek bir araç ile yalnız bir kez hizmet verilmektedir.

Rotalarına devam eden araçlarda bulunan yüklerin hacimleri hiçbir noktada araçların kapasitesini aşamaz.

Bir depodan hareket eden aracın rota sonunda başka bir depoya gitmesine izin verilmemektedir.

Depolardan hareket eden araçlar eşit kapasitelere sahiptir ve aynı özelliktedir. Yani birliklere hizmet veren araç filolarının homojen olduğu kabul edilmektedir.

Birliklere hizmet vermek için birden fazla depo bulunmaktadır.

Her birlik hizmeti yalnız bir depodan alabilmektedir. Aynı birlik her iki depoyu da kullanamamaktadır.

Her bir depodan birliklere birden fazla çeşit ürün gönderimi yapılmaktadır.

Farklı ürünlerin hacimsel boyutları birbirinden farklıdır.

Birliklere ürün dağıtımını yapan araçlardan her biri bir depoya tahsis edilmiştir.

Oluşturulan matematiksel modelin amacı, toplam mesafenin minimize edilmesidir.

Birlikler ve depolar arası taşıma mesafesi önceden bilinmektedir ve sabittir.

Yukarıda belirtilen varsayımlar dikkate alınarak oluşturulan matematiksel model aşağıda sunulmuştur:

Notasyonlar ve Kümeler

n_c : Müşterilerin sayısı

n_s : Depoların sayısı

n_p : Depoda bulunan ürün çeşitlerinin sayısı

N_s : Depolar Kümesi: $\{0, 1, \dots, n_s\}$

N_c : Müşteriler Kümesi: $\{n_{s+1}, \dots, n_s+n_c\}$

N : Depo ve Müşterilerden Oluşan Küme: $\{0, 1, \dots, n_s, \dots, n_s+n_c\}$

P : Ürün Çeşitleri Kümesi: $\{1, 2, \dots, n_p\}$

K : Araçlar Kümesi $\{0, 1, \dots, k\}$

Parametreler

c_{ij} : i ve j noktaları arasındaki mesafe/ maliyet/ süre ($\forall i, j \in N$)

Q : Müşterilere hizmet veren her bir k aracının hacimsel yük kapasitesi

H_p : Depolardan müşterilere gönderilen her bir p ürününün hacmi ($\forall p \in N_p$)

D_{jp} : j müşterisinin p ürünü talebi miktarı

Karar Değişkenleri

$x_{ijk} = \begin{cases} 1, i \text{ noktasından } j \text{ noktasına } k \text{ aracı ile gidilirse} \\ 0, \text{Diğer durumda} \end{cases}$

$y_{in} = \begin{cases} 1, i \text{ müşterisine } n \text{ deposundan hizmet veriliyorsa} \\ 0, \text{Diğer durumda} \end{cases}$

U_{ijp} : i noktasından j noktasına doğru hareket eden araçta taşınan p ürünü miktarı ($\forall p \in N_p, \forall i, j \in N$)

Amaç Fonksiyonu

$$\text{Min } Z = \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} \sum_{k \in K} c_{ij} x_{ijk} \quad (1)$$

Kısıtlar

$$\sum_{i \in N} \sum_{k \in K} x_{ijk} = 1 \quad \forall j \in N_c \quad (2)$$

$$\sum_{i \in N} x_{ijk} - \sum_{i \in N} x_{jik} = 0 \quad \forall k \in K, \forall j \in N \quad (3)$$

$$\sum_{j \in N_c} x_{ijk} \leq 1 \quad \forall k \in K, \forall i \in N_s \quad (4)$$

$$\sum_{j \in N_c} x_{jik} \leq 1 \quad \forall k \in K, \forall i \in N_s \quad (5)$$

$$\sum_{n \in N_s} y_{in} = 1 \quad \forall i \in N_c \quad (6)$$

$$x_{in} \leq y_{in} \quad \forall i \in N_c, \forall n \in N_s \quad (7)$$

$$x_{ni} \leq y_{in} \quad \forall i \in N_c, \forall n \in N_s \quad (8)$$

$$x_{ij} + y_{in} + \sum_{\substack{m \in N_s \\ m \neq n}} y_{jm} \leq 2 \quad \forall i, j \in N_c, i \neq j, \forall n \in N_s \quad (9)$$

$$\sum_{i \in N} U_{ijp} - \sum_{i \in N} U_{jip} = D_{jp} \quad \forall j \in N_c, \forall p \in P \quad (10)$$

$$\sum_{p \in P} H_p U_{ijp} \leq Q * \sum_{k \in K} x_{ijk} \quad \forall i, j \in N \quad (11)$$

$$U_{ijp} \geq 0, \quad \forall i, j \in N, \forall p \in P \quad (12)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in N, \forall k \in K \quad (13)$$

$$y_{in} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in N_c, \forall n \in N_s \quad (14)$$

Eş. 1 modelin amaç fonksiyonunu göstermektedir. Modelin amacı toplam kat edilen mesafenin minimize edilmesidir. Eş. 2 ve Eş. 3, rotada hizmet veren araçların her bir birliği ziyaret etmesini ve o birlikten hareket edip aracın rotasına devam etmesini sağlamaktadır. Eş. 4 ve Eş. 5 ise depolardan ihtiyaç duyulan miktarda aracın hareket etmesini sağlamaktadır. Eş. 6 – Eş. 9 kısıtları, modelin çok depolu hale dönüştürülmesi için ihtiyaç duyulan kısıtlardır. Her bir birliğin bir depoya atanması Eş. 6 ile sağlanmaktadır. Eş. 7 ile Eş. 8 ise, rotada hizmet verilen son birliğin, rotada ilk hizmet verilen birliğe atandığı depoya atanmasını garantilemektedir. Eş. 9 ise,

ürünlerin araca yerleştirilmesi için ürün kapasitelerini göz önünde bulundurarak belirlenmektedir. Depolardan elde edilen bilgiler ışığında sevkiyatı gerçekleştirilecek 6 ürünün kutu hacmine (en x boy x yükseklik) ait rakamlar incelendiğinde en ve yükseklik rakamları benzer olduğu için hacim hesaplamaları kutu boyları üzerinden yapılmıştır. Yapılan matematiksel işlemler ile pomat, ampul, tentürdiyot, antibiyotik, dezenfektan ve pamuk ürünlerine ait hacimler sırayla 1, 3, 3, 4, 5 ve 10 birim olarak alınmıştır. Araçların kapasiteleri de kutu boyutu hesaplamalarına benzer şekilde 12000 birim olarak belirlenmiştir. Tüm bu veriler ışığında oluşturulan örnek probleme ait veriler önerilen ÇÜ_ÇD_ARP modeli GAMS 24.1.3 Cplex çözücüsü kullanılarak Intel(R) Core(TM) i5-3317 2 GHz ve 4 GB RAM ve işletim sistemi olarak Windows 10 özelliklerine sahip bilgisayarda araç filosu değişimine ait duyarlılık analizleri dahil 3 saat gibi bir zaman diliminde çözülmüştür. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 1. Araç sayısı değişikliğinin araç rotalarına ve amaç fonksiyonuna etkisi (The effect of vehicle number change on vehicle routes and objective function)

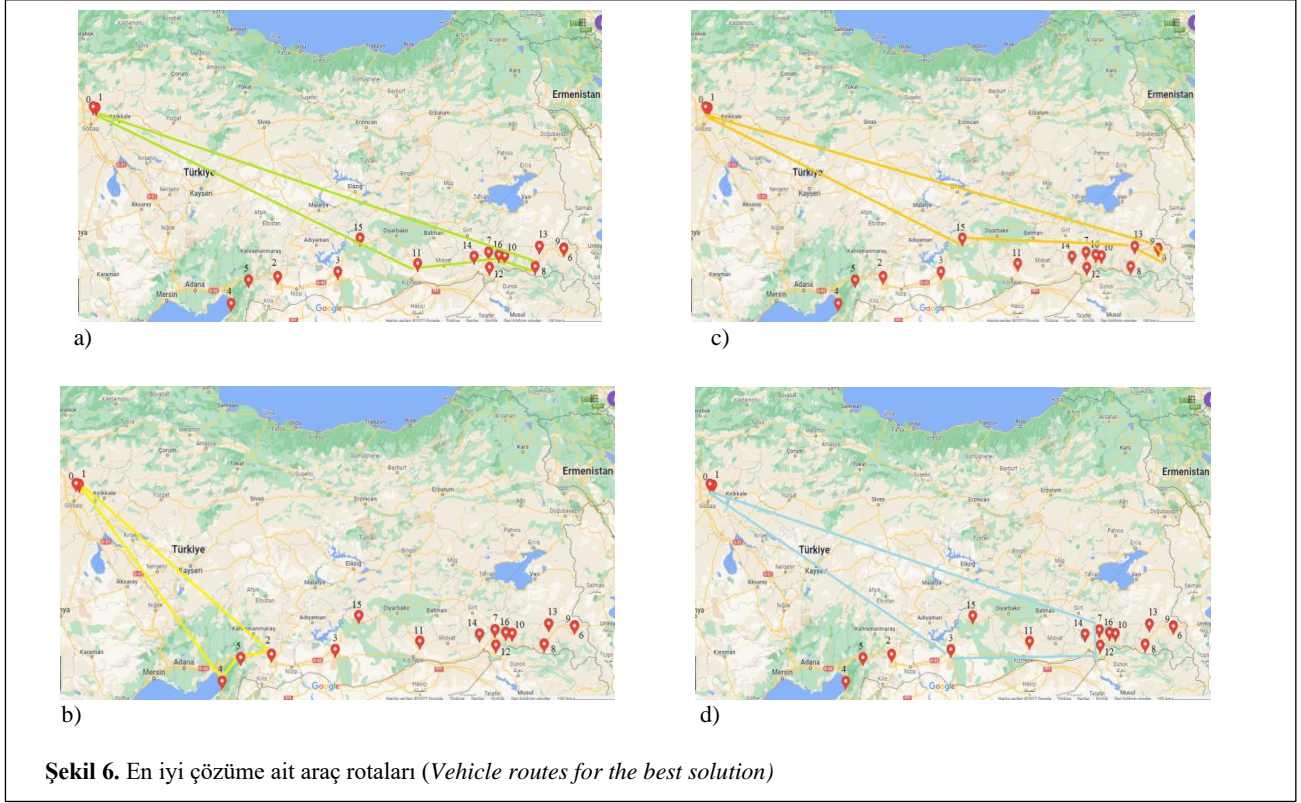
Araç Sayısı	Rota Uzunluğu	Depo 0	Depo 1
1	Çözümsüz	-	-
2	9929 km	1.Araç:0-8-7-16-0 2.Araç:0-2-4-5-0	1.Araç:1-3-15-11-10-14-12-1 2.Araç:1-9-6-13-1
3	9571 km	1.Araç:0-3-7-14-0 2.Araç:0-13-9-6-0 3.Araç:0-15-11-12-16-10-8-0	1.Araç:1-4-5-2-1
4	9681 km	1.Araç:0-3-12-7-0 2.Araç:0-15-13-6-9-0 3.Araç:0-2-5-4-0	1.Araç:1-11-14-16-10-8-1
5	9742 km	1.Araç:0-3-14-8-13-12-0 2.Araç:0-16-7-11-0 3.Araç:0-2-5-4-0	1.Araç:1-15-9-6-10-1

aynı rota üzerinde artarda hizmet verilen iki müşterinin farklı depolara atanmasını engellemektedir. Müşteri taleplerinin karşılanması Eş. 10 kısıtı ile sağlanmaktadır. Eş. 11, müşterilere hizmet veren araçların rota süresince kapasitesinin aşılmamasını garantilemektedir. Eş. 12 müşterilere hizmet veren araçlarda yer alan yük miktarının negatif değer almasını engellemektedir. Eş. 13 ve Eş. 14 ise, x_{ijk} ile y_{in} karar değişkenlerinin alabileceği değerleri göstermektedir.

2.1.2. Geliştirilen modelin güncel talepler için test edilmesi

Birliklerin talepleri için mevcutları alay seviyesi için 3000, tugay seviyesi için 5000 ve tümen seviyesi için 15000 personel olarak kabul edilmiştir [42]. Bu rakamlar mevcut personelin takviye edileceği düşünüldüğü için en üst seviyede alınmıştır. ÇÜ_ARP'de araç rotaları

Çizelge 3 incelendiğinde bir araçla birlik taleplerini karşılamamanın mümkün olmadığı talepleri karşılamak için her iki depoda da en az 2 araç bulunması gerektiği görülmektedir. Minimum mesafe ile elde edilebilen en iyi çözümün depolarda 3 araç bulunda elde edildiği tespit



edilmiştir. En iyi çözümden ilk depodaki tüm araçlar kullanılırken birlik taleplerini karşılamak için ikinci depodan 1 aracın hizmet ettiği yani 2 aracın boş kaldığı tespit edilmiştir. En iyi çözüme dair araç rotalarını görebilmek için birinci depoyu kullanan araçlara ait rotalar Şekil 6'da (a,b,c) ve ikinci depoyu kullanan aracın rotası (d) verilmiştir.

2.1.3. Problem boyutunun genişletilmesi

Türkiye'nin jeopolitik konumu bu tarz stratejik problemler için farklı hareket tarzlarına hazır olmayı gerektirmektedir. Ele alınan problemde güneydoğu sınırındaki hudut tehditleri düşünülerek Askeri İlaç Fabrikası'nda mevcut koşullara uygun örnek bir uygulama için çalışma yapılmıştır. Ancak güncel talep noktalarına diğer önemli bir hudut alanını oluşturan Doğu Anadolu sınırı da eklenerek problem boyutu genişletilmiştir. Yeni durumda ihtiyaçları karşılanacak hudut bölgelerinin harita üzerinde gösterimi Şekil 7'de verilmiştir.

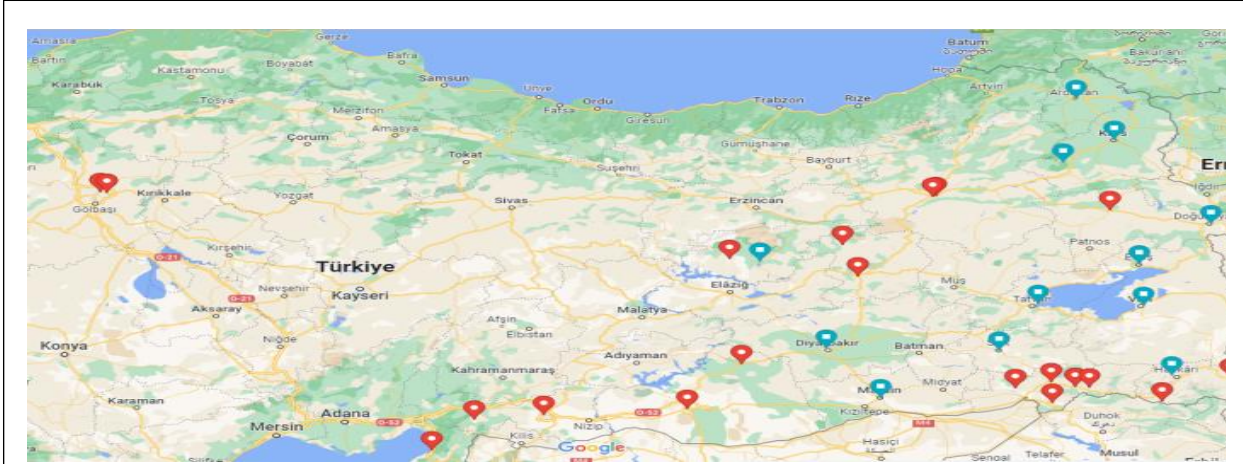
Şekil 7 incelendiğinde güncel talepler ile Hatay-Hakkari bölgesi arası yaklaşık 1000 kilometrelik bölgede Suriye ve Irak sınırında görev yapacak birliklerin ecza ürünleri ihtiyaçları için ele alınan problem Hakkari-Ardahan hattında yaklaşık 800 kilometrelik bir hattın daha eklenmesiyle Ermenistan-İran sınırlarında yapılacak personel takviyeleri için de ele alınmış olacaktır.

İlk duruma benzer şekilde birlik seviyeleri dikkate alınarak talepler belirlenmiş, son durum için uzaklık



Şekil 7. Problem boyutunun genişletilmesi sonucu ortaya çıkan yeni sınır (*New boundary resulting from expanding the problem size*)

yeni durum için talep oluşturabilecek birlikler incelenerek talep noktaları güncellenmiş ve 14'ten 30'a yükselmiştir. Son durumda talep noktalarının harita üzerinde gösterimi Şekil 8'de verilmiştir. Elde edilen yeni sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir.



Şekil 8. Genişletilmiş problem için talep noktaları (*Demand points for the extended problem*)

Çizelge 4. Genişletilmiş problemde araç sayısı değişikliğinin araç rotalarına ve amaç fonksiyonuna etkisinin incelenmesi (*Examination of the effect of vehicle number change on vehicle routes and objective function in the extended problem*)

Araç Sayısı	Rota Uzunluğu	Depo 0	Depo 1
1	Çözümsüz	-	-
2	Çözümsüz	-	-
3	Çözümsüz	-	-
4	17182 km	1.Araç:0-5-13-16-30-9-19-0 2.Araç:0-4-0 3.Araç:0-3-12-11-22-26-23-0	1.Araç:1-27-32-29-28-31-1 2.Araç:1-17-6-25-20-1 3.Araç:1-2-10-15-8-14-18-1 4.Araç:1-7-21-24-1
5	19534 km	1.Araç:0-22-26-8-13-27-32-0 3.Araç:0-10-30-6-0 2.Araç:0-23-24-15-17-25-20-0 4.Araç:0-3-0 5.Araç:0-5-4-2-16-12-11-0	1.Araç:1-29-31-19-21-14-18-1 2.Araç:1-28-7-9-1

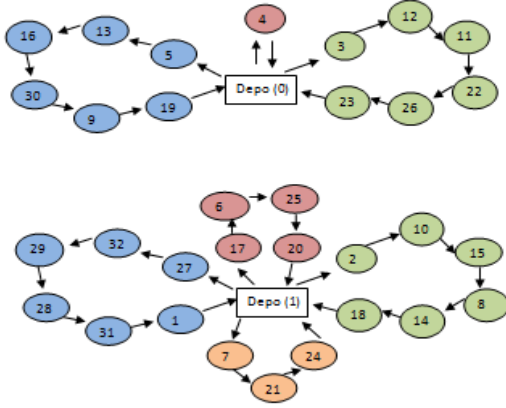
Genişletilmiş probleme ait sonuçların elde edilebilmesi için güncel durumda kullanılan aynı özellikteki bilgisayar ve GAMS 24.1.3 Cplex çözücü ile 24 saate yakın sürede duyarlılık analizi dahil sonuçlar elde edilebilmiştir.

Çizelge 4 incelendiğinde genişletilmiş problemde 5 araçlı çözümde birinci depodaki tüm araçların kullanıldığı ikinci depoda ise 3 aracın kullanılmadığı görülmektedir. Ancak 4 araçlı çözüm ile daha kısa mesafede taleplerin karşılanabildiği ve 4 araçtan daha az filo ile uygun çözüm elde edilemediği tespit edilmiştir. 4 araçlı çözümde sadece 1 araç atıl olarak kalmıştır. En iyi çözüme ait araç rotaları için temsili gösterim Şekil 9'da verilmiştir. Sonuç olarak, gerek güncel durumda

gerekse problemin genişletilmiş haliyle huduttaki birliklerin Askeri İlaç Fabrikası'nda üretimi gerçekleştirilen 6 ecza ürününe ait talepleri için problem çözülmüştür. Askeri İlaç Fabrikası'nın merkez depoları tüm Türkiye'ye hizmet verecek kapasiteye sahip olduğu için depo sayılarına ait duyarlılık analizi çalışması yapılmamıştır. Ancak her depoda 5 bölgeye hizmet için hazır tutulan araç filolarına ait duyarlılık analizleri ile filoların etkinliği incelenmiştir. Her iki merkezde bulunan 5 araçlı filolar (toplam 10) güncel problemde birinci merkezde 3, ikinci merkezden 1 araç toplam 4 araç ile minimum mesafeli rotaları sağlayacak şekilde hizmet verebilmektedir. Genişletilmiş problemde ise birinci merkezde 3 ikinci merkezden 4 araç toplam 7 araç ile en kısa mesafeli rotalar ile

talepler karşılanabilecektir. Bu durum birlik seviyelerinde maksimum personel dikkate alınarak Güneydoğu ve Doğu Anadolu hudut sınırı için 6 ürün kalemine ait problem için tatmin edici olduğu değerlendirilmiştir.

4 Araçlı Çözüm (17182km)



Sekil 9. Genişletilmiş problemin en iyi çözümüne ait rota gösterimi (Route representation of the best solution of the expen problem)

Ancak, Askeri İlaç Fabrikası'nda 29 farklı kalem ürün üretilebilmektedir. Tüm ürün kalemlerine ait talep olduğu veya aynı anda tüm Türkiye'ye hizmet talebi oluştuğunda 30'dan 87'ye çıkan talep noktası gibi zorlu koşullar düşünüldüğünde yetersiz kalacağı değerlendirilmektedir. Bu durumda da üçüncü parti lojistik firmalarından hizmet alma veya araç filosunu genişletme için satın alma kararlarının gerekliliği gibi seçenekleri ortaya çıkarmaktadır. Ele alınan problem stratejik bir problem olduğu için çözüm sürelerinin kabul edilebilir seviyede olduğu düşünülmektedir. Silah/mühimmat vb. daha operasyonel seviyede ve hızlı kararlar gerektiren ürünler için problemin ele alınacağı düşünülürse literatürdeki örneklerde olduğu gibi sezgisel yöntemlere ihtiyaç duyulacağı söylenebilir.

3.SONUÇ(CONCLUSION)

Lojistik maliyetler gerek özel şirketlerin gerekse kamu sektörünün en fazla bütçe ayırdıkları kalemlerin başında gelmektedir. Askeri hareketlerin veya hazırlıkların başarıya ulaşması için önemli noktaların en başında gelmektedir. Askeri konular söz konusu olduğunda doğrudan harp akla gelse de personel, giyecek, yiyecek ve sağlık ihtiyaçları gibi sürekli besleme yapılabilecek yardımcı unsurlar unutulmamalıdır. Bu noktada toplu alanlarda yaşaması gereken insanlara ait hastalık, salgın vb. durumlar dikkate alındığında sağlık konusu dikkat çekmektedir. Ayrıca literatürde sivil uygulamalarda sağlık lojistiği alanında artan trend konunun önemini gözler önüne sermektedir. Ülkemizin jeopolitik konumu ve son yıllarda gerçekleştirdiği operasyonlar ile birliklerin belli noktalardaki taleplerinde artış olduğu görülmektedir. Birliklerin talep konularından biri de sağlık hizmetlerine ait ürünlerdir. Bu çalışmada kamuya ait tek ilaç fabrikası olan Askeri İlaç Fabrikası'nın 2 deposundan öncelikle talep yoğun güncel birliklere en kısa mesafe ile ecza ürünlerinin gönderilmesi için rotalama problemi ele alınmıştır. ARP, ortaya çıktığı ilk günden bu yana çok geniş uygulama alanına sahip bir yöneylem araştırması alanıdır. Gerçek hayatın problemleri ile her geçen gün akademik alanda çalışmaları artan bu alanda karşılaşılabilecek en reel problemlerden bir tanesi de ÇÜ_ÇD_ARP'dir. Bu

maksatla karşılaşılan problem için matematiksel bir model önerisinde bulunulmuş ve araç rotaları elde edilmiştir. İkinci aşamada ise hudutta daha geniş bir alana hizmet sağlayacak şekilde problem boyutu genişletilerek yeni rotalar ve araç filosu etkinliği analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile atıl kalan araçlar ve yetersiz kalınabilecek durumlar ortaya konulmuştur. Çalışmanın stratejik planlamalarda hazır bulunmanın önemi ve özellikle askeri sağlık lojistiği açısından kıymetli olduğu değerlendirilmektedir.

Gelecek çalışmalarda, tüm Türkiye'ye verilecek hizmet ile problem boyutu daha da genişletilebilir. Benzer şekilde ürün gamı artırılarak karşılaşılabilecek durumlar için çalışma yapılabilir. Sezgisel yöntemler ile çözüme ulaşarak kesin çözüm yöntemleri ile karşılaştırmalı analizler yapılabilir. Ayrıca ÇÜ_ÇD_ARP için önerilen model gerçek hayatta pek çok alanda rahatlıkla kullanılabilir niteliktedir. Önerilen model çok farklı sektörlere ait uygulama alanlarında tek başına veya bir metodolojinin bir parçası olarak yer alabilir.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Hakan Ayhan DAĞISTANLI: : Giriş ve literatür bölümünün hazırlanması, matematiksel modelin geliştirilmesi, modelin kodlanması ve sonuçların değerlendirilmesi ile makalenin yazımında görev almıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Montoya-Torres, JR, Franco, JL, Isaza, SN, Jiménez, HF and Herazo-Padilla, N. "A literature review on the vehicle routing problem with multiple depots." *Computers & Industrial Engineering*, 79, 115-129, (2015).
- [2] Taşdemir, B. ve Dağıştanlı, H.A. "Araç Rotalama Problemleri ve Çok Ürünli Çok Depolu Araç Rotalama Problemi için Örnek Uygulama." Editör: Ahmet Bahadır Şimşek. İş Analitiğinde Matematiksel Modelleme Uygulamaları, 1-32, , *Gazi Kitabevi*, Ankara, Türkiye (2021).
- [3] Dantzig, G.B. and Ramser, J.H. "The truck dispatching problem." *Management science*, 6(1), 80-91, (1959).
- [4] Clarke, G. and Wright, J.W. "Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points." *Operations research*, 12(4), 568-581, (1964).
- [5] Laporte, G. "What you should know about the vehicle routing problem." *Naval Research Logistics (NRL)*, 54(8), 811-819, (2007).
- [6] Orhan, İ., Kapanoğlu, M. ve Karakoç, T.H. "Hedef Programlama İle Bütünleşik Uçak Rotalama ve Bakım Çizelgeleme." *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(1), (2012).
- [7] Weise, T., Podlich, A. and Gorltd, C. *Solving real-world vehicle routing problems with evolutionary algorithms. In Natural intelligence for scheduling, planning and packing problems* 29-53, , Berlin, Heidelberg. Springer, (2009).
- [8] Batur, G.D. ve Erol, S. "Sağlık sistemlerinde yöneylem araştırması teknikleri: 2007-2017 yılları arası literatür taraması."

- Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(1), 153-166, (2018).
- [9] Altundaş, A., Erol, S., Kurtay, K.G. ve Dağıstanlı, H.A. "Covid-19 Test Kitlerinin Dağıtım Ve Toplanması İçin Minimum Maliyetli Rotaların Belirlenmesi" *41. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi*, Denizli,Türkiye, 75-76, (2022).
- [10] Rais, A. and Viana, A. "Operations research in healthcare: a survey". *International Transactions in Operational Research*, 18(1), 1-31, (2011).
- [11] Beliën, J. and Forcé, H. "Supply chain management of blood products: A literature review". *European Journal of Operational Research*, 217(1), 1-16, (2012).
- [12] Volland, J., Fügener, A., Schoenfelder, J. and Brunner, J.O. "Material logistics in hospitals: a literature review". *Omega*, 69, 82-101, (2017).
- [13] Mousazadeh, M., Torabi, S.A., Pishvae, M.S. and Abolhassani, F. "Health service network design: a robust possibilistic approach." *International transactions in operational research*, 25(1), 337-373, (2018).
- [14] Hamdan, B. and Diabat, A. "A two-stage multi-echelon stochastic blood supply chain problem." *Computers & Operations Research*, 101, 130-143, (2019).
- [15] Heidari-Fathian, H. and Pasandideh, S.H.R. "Green-blood supply chain network design: Robust optimization, bounded objective function & Lagrangian relaxation." *Computers & Industrial Engineering*, 122, 95-105, (2018).
- [16] El Mokri, A., Benabbou, L. and Berrado, A. "Multi-criteria distribution network redesign-case of the public sector pharmaceutical supply chain in Morocco. " *In Supply Chain Forum: An International Journal* Vol. 19, No. 1, 42-54. Taylor & Francis, (2018).
- [17] Halim, I., Ang, P. and Adhitya, A. "A decision support framework and system for design of sustainable pharmaceutical supply chain network." *Clean Technologies and Environmental Policy*, 21(2), 431-446, (2019).
- [18] Castro, C., Pereira, T., Sá, J.C. and Santos, G. "Logistics reorganization and management of the ambulatory pharmacy of a local health unit in Portugal." *Evaluation and Program Planning*, 80, (2020).
- [19] Araújo, A.M., Santos, D., Marque, I. and Barbosa-Povoa, A. "Blood supply chain: a two-stage approach for tactical and operational planning." *Or Spectrum*, 42(4), 1023-1053, (2020).
- [20] Madelin, G. and Lahrichi, N. "Modeling and improving the logistic distribution network of a hospital." *International Transactions in Operational Research*, 28(1), 70-90, (2021).
- [21] Yiğit, V., Karadağ, İ. ve Durma, D. "Kan Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı Problemine Bulanık Karma Tamsayı Programlama Modeli Önerisi." *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 25(2), 851-868, (2021).
- [22] Desticioğlu, B., Kurtay, K.G., Altundaş, A. ve Dağıstanlı, H.A. "Hastanelere Aşı Dağıtım İçin Uygun Rotaların Belirlenmesi: Ankara İli Örneği." *Politeknik Dergisi*, (2021).
- [23] Desticioğlu, B. and Ozyoruk, B. *Covid 19 Vaccine Distribution Location Selection Problem: Application of Ankara Province. In International Conference on Management Science and Engineering Management* 702-714, Springer, Cham. (2022).
- [24] Wu, S., Lu, M., Zhang, J., Zhang, D. and Zhang, L. "Pharmaceutical Supply Chain in China: Pricing and Production Decisions with Price-Sensitive and Uncertain Demand." *Sustainability*, 14(13), (2022).
- [25] Diaz, R., Kolachana, S. and Falcão Gomes, R. "A simulation-based logistics assessment framework in global pharmaceutical supply chain networks." *Journal of the Operational Research Society*, 1-19, (2022).
- [26] Zhang, Y. and Chen, X.D. "An optimization model for the vehicle routing problem in multi-product frozen food delivery." *Journal of applied research and technology*, 12(2), 239-250, (2014).
- [27] Qiu, Y., Wang, L., Xu, X., Fang, X. and Pardalos, P.M. "Formulations and branch-and-cut algorithms for multiproduct multi-vehicle production routing problems with startup cost". *Expert Systems with Applications*, 98, 1-10, (2018).
- [28] Alinaghian, M. and Shokouhi, N. "Multi-depot multicompartiment vehicle routing problem, solved by a hybrid adaptive large neighborhood search". *Omega*, 76, 85-99, (2018).
- [29] Li, J., Wang, R., Li, T., Lu, Z. and Pardalos, P.M. "Benefit analysis of shared depot resources for multi-depot vehicle routing problem with fuel consumption." *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 59, 417-432, (2018).
- [30] Alakaş, H.M., Kızıldaş, Ş., Eren, T. ve Özcan, E. "Sıfır atık projesi kapsamında atıkların toplanması: Kırıkkale ilinde homojen çok araçlı araç rotalama uygulaması." *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3(3), 190-196, (2018).
- [31] Zhang, Z., Cheang, B., Li, C. and Lim, A. "Multi-commodity demand fulfillment via simultaneous pickup and delivery for a fast fashion retailer." *Computers & Operations Research*, 103,81-96, (2019).
- [32] Kramer, R., Cordeau, J.F. and Iori, M. "Rich vehicle routing with auxiliary depots and anticipated deliveries: An application to pharmaceutical distribution." *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 129,162-174, (2019).
- [33] Wang, Y., Li, Q., Guan, X., Xu, M., Liu, Y. and Wang, H. "Twoechelon collaborative multi-depot multi-period vehicle routing problem." *Expert Systems with Applications*, 167, (2021).
- [34] Jiang, Y., Bia, B. and Liu, Y. Integrated multi-item packaging and vehicle routing with split delivery problem for fresh agri-product emergency supply at large-scale epidemic disease context. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 8(2), 196-208, (2021).
- [35] Sadati, M.E.H., Çatay, B. and Aksen, D. "An efficient variable neighborhood search with tabu shaking for a class of multidepot vehicle routing problems." *Computers & Operations Research*, 133, (2021).
- [36] Yurdakul, K., Alakaş, H.M. ve Eren, T. "Evde sağlık hizmetlerinin planlanması: araç rotalama ve ekip çizelgeleme." *Journal of Turkish Operations Management*, 5(2), 703-720, (2021).
- [37] Boyacı, A.Ç. ve Gencer, C. "Tehlikeli maddelerin çok modlu taşımacılığı için çok-ürünlü iki-amaçlı bir model önerisi: Türkiye örneği." *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 36(1), 13-26, (2021).
- [38] 20.10.2022 tarihinde <https://denizhanosg.com.tr/is-yeri-eczadolaplarında-hangi-malzemeler-bulunmalıdır> adresinden alınmıştır.
- [39] 20.10.2022 tarihinde <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/turk-ordusu-icin-stratejik-tibbi-malzemeler-msb-ilacfabrikasinin-uretim-bantlarından-iniyor/2615055> adresinden alınmıştır.
- [40] Memikoğlu, O. ve Genç, V. *COVID-19*. 1. baskı. Ankara, Türkiye, Ankara Üniversitesi Basımevi, (2019).
- [41] Tapia, C.G.A. "Mixed-Binary Linear Model for Fleet Routing and Multiple Product-Types Distribution." *Philippine Management Review*, 6, (1995).
- [42] 20.10.2022 tarihinde https://tr.wikipedia.org/wiki/Asker%C3%AE_birlik adresinden alınmıştır.